

El cambio didáctico y la formación del profesorado de ciencias. Perspectivas actuales y futuras

Carlos Javier Mosquera Suárez¹

Introducción

En la actualidad, la literatura especializada referencia importantes debates en los cuales se ha puesto en evidencia la relevancia que tienen las problemáticas asociadas con la formación de los profesores en la medida en que se afirma que es frecuente encontrar evidencias del uso abrumador que aún persiste en el desarrollo de prácticas docentes centradas en modelos casi exclusivamente ubicados sobre la vía de la exposición acrítica de conocimientos. Esta problemática, que ha sido considerada desde las propias políticas públicas en educación, también se examina hoy en día desde la exigencia social de empezar a replantear la práctica docente con el propósito de favorecer la formación de nuevas generaciones, más analíticas, críticas y reflexivas, y menos consumistas y dependientes. Todo ello genera necesariamente nuevas exigencias al profesorado universitario.

En el marco de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, esta situación constituye una excelente oportunidad para diseñar y abordar de una vez por todas, currículos dirigidos a una formación profesional del Profesor Universitario de Ciencias, enmarcados desde perspectivas y resultados contemporáneos de la investigación y la innovación en la formación articulada de disciplinas y didáctica del profesorado de ciencias. Este reto no solamente hoy en día se hace necesario para considerar la formación de profesores de ciencias, sino que desde la perspectiva de otras didácticas específicas, resulta ser un punto de referencia ya que la formación del profesorado universitario en otros campos como el de las matemáticas o las ciencias sociales, constituyen ámbitos de investigación didáctica muy fructíferos.

Para fundamentar este texto, abordaremos las siguientes temáticas: las competencias profesionales docentes del profesorado universitario de ciencias, la epistemología docente habitual como impedimento para el cambio, las visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmiten en la enseñanza, el análisis crítico de los mo-

1 Profesor del Doctorado Interinstitucional en Educación y Proyecto Curricular de Licenciatura en Química, Facultad de Ciencias y Educación – Universidad Distrital Francisco José de Caldas Correo electrónico: cmosquera@udistrital.edu.co

delos de formación del profesorado de ciencias, y las características de los modelos eficaces que pueden favorecer el desarrollo profesional docente.

Estas temáticas se encuentran íntimamente asociadas con la investigación realizada sobre concepciones del profesorado de ciencias, sobre aspectos esenciales de su formación, y en las alternativas para favorecer en ellos su inmersión en la investigación sobre Didáctica de las Ciencias Experimentales que conduzca a lo que en este documento se denomina el “cambio didáctico”.

Las competencias profesionales docentes del profesorado de ciencias como medio para el cambio didáctico

El interés creciente por la cualificación de la Educación Científica ha conducido a que en muchos países –y Colombia no resulta ser la excepción– empiecen a implementarse políticas institucionales dirigidas a repensar la manera como debería organizarse el currículo para la educación científica en la escuela básica, media y superior, así como empezar a definir un conjunto de acciones estratégicas que permitan a corto plazo que los estudiantes, independientemente del nivel educativo que cursen, apropien conocimientos científicos que les permita, no solamente tener buenos niveles de competitividad, sino que demuestren el manejo de conocimientos dentro de unos estándares internacionales. En Colombia, recientemente se han aplicado pruebas TIMSS (*Third International Mathematics and Science Study*) de cuyos resultados se han podido dilucidar una serie de deficiencias. La mejora en estos resultados, requiere considerar y poner en escena un conjunto de acciones que propenden por la cualificación de la Educación Científica.

Una de esas acciones tiene que ver con la formación del profesorado. A pesar de los esfuerzos que se han hecho por divulgar de manera explícita los resultados de las investigaciones en las innovaciones contemporáneas en Educación Científica, desarrolladas tanto por autores nacionales como por autores internacionales expertos en la materia, se encuentra que en general el profesorado continúa siguiendo sus prácticas docentes bajo modelos de enseñanza habituales, como la enseñanza de las ciencias por transmisión verbal de conocimientos o la enseñanza por descubrimiento inductivo y autónomo.

Los resultados preliminares obtenidos en la línea de investigación sobre formación del profesorado de ciencias y en el contexto del cuerpo teórico propio de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, han demostrado que

al hacer una correlación entre los modelos epistemológicos que sobre la docencia tienen los profesores y la práctica docente que consideran o que adelantan, se encuentra una gran proximidad con los modelos tradicionales, anteriormente mencionados. Lo que todavía resulta ser más significativo es la fuerte similitud entre las concepciones y las prácticas de profesores en formación inicial respecto a las de profesores universitarios de facultades de educación en ejercicio.

Las ciencias naturales se entienden como parte del contexto social donde se inscriben, se originan, se desarrollan y se aplican. Entre tanto, la educación en ciencias naturales se concibe como una práctica que tiene como fin representar el conocimiento, la cultura y los valores propios de una sociedad para la generación siguiente a través de la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación de la actividad educativa científica en la escuela. Por esta razón, la educación es estructural a las ciencias.

El conocimiento científico está dado por los contenidos de las disciplinas, pertinentes para solucionar sus problemas específicos, los procesos correspondientes para resolverlos y la aplicación de sus resultados en forma generalizada a situaciones más extensas a las particulares de solución. Es decir, el conocimiento en las ciencias naturales presenta sus contenidos (el *saber qué*), sus procesos experimentales (el *saber cómo*) y sus aplicaciones (el *saber para qué*) como constituyentes de un solo evento epistemológico (Mosquera y Zambrano, 2008)

Teniendo en cuenta lo expuesto, las competencias en ciencias naturales se conciben como los criterios que especifican el proceso de enseñanza-aprendizaje para profesores y estudiantes en términos del *saber qué*, el *saber cómo* y el *saber para qué* de los problemas de las ciencias naturales en el contexto educativo.

La concepción epistemológica que supone asumir la construcción del conocimiento en las ciencias naturales, así como el proceso de integrar sus contenidos, sus procesos experimentales y su aplicación en la resolución de problemas en el mundo de la vida, explica por qué las ciencias naturales en su aproximación al objeto de conocimiento natural, lo hace metodológicamente con las actividades integradas de conocimiento propias de los científicos que practican dichas ciencias, y que en consecuencia, han de ser retomadas y desarrolladas por los profesores de ciencias (Mosquera y Zambrano, 2008).

En general, esas actividades son las siguientes, según los planteamientos de autores como Artigas (1989), Bunge (1972), Hempel (1976), Cohen y Nagel (1972) y Sabino (1999):

1. La observación teórica de los hechos, sean éstos procesos, fenómenos, sistemas o experiencias naturales; esta actividad se basa en la interpretación de los hechos.
2. El registro cuantitativo y/o cualitativo de los datos correspondientes a los hechos observados.
3. El planteamiento del problema con base en la observación teóricamente concebida.
4. La clasificación de los hechos observados.
5. El diseño de modelos experimentales, con base en la formulación de hipótesis y su contrastación a través del control de variables para resolver el problema.
6. La inferencia a partir de los resultados obtenidos; esta actividad se basa en la argumentación de los resultados como consecuencia de las hipótesis planteadas.

A partir del currículo, y en general de sus lineamientos, es posible pensar formalmente en unos determinados estándares curriculares, es decir, acerca de los referentes que esperamos alcanzar a través del ejercicio de la enseñanza y del aprendizaje. Desde luego, esto aplica no solo a un currículo dirigido a la enseñanza de conocimientos para los alumnos sino también a currículos orientados a la enseñanza de la Didáctica de las Ciencias a profesores en formación inicial o activos. Los estándares son referentes básicos de los conocimientos que son indispensables en la formación de una persona (en este caso del profesor de ciencias), constituyen los *qué* deben saberse para un adecuado desempeño en el mundo de la vida y en ella, en el mundo del trabajo; los *cómo* se desarrollan dichos conocimientos, los *por qué* y los *para qué* de éstos. Así las cosas, los estándares están estrechamente ligados a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales de las disciplinas.

Estos referentes, que por su naturaleza se desglosan en sociales (en el contexto de la cultura para la construcción de la dimensión ética, estética y comunicativa en individuos y en colectivo de individuos), institucionales (en el contexto de los planes de desarrollo de una institución y su pertinencia con el entorno para la construcción de ciudad y nación), pedagógicos (en el contexto de la educación como hecho social), didácticos (en el contexto de la enseñanza), y cognitivos y emocionales (en el contexto del aprendizaje), permiten formular los logros esperados del acto educativo, de manera que tienen un nivel de mayor concreción, al punto que pueden ser identificados a través de la evaluación.

Por otra parte, las *competencias* hacen referencia a un conjunto de actitudes, valores, conocimientos y habilidades personales, interpersonales, profesionales y organizacionales que posibilitan el desempeño de los ciudadanos en el mundo de la vida e inserto en él, en el mundo del trabajo. Las competencias están directamente ligadas a los modos de producción de los conocimientos y a la manera como nos predisponemos ante la realidad (natural o social) a partir de los conocimientos que hemos apropiado. Las competencias están ligadas a los contenidos procedimentales y actitudinales de las disciplinas y de las regiones del conocimiento, y por tanto, hacen referencia al *cómo* y al *para qué* de los mismos. Las competencias, desde un sentido de lo educativo, promueven entonces el desarrollo simultáneo de la dimensión humana de las personas (el valor social de la cultura al tiempo que el reconocimiento del valor individual del ser), de la dimensión cognoscitiva (saberes y conocimientos), de la dimensión cognitiva (actitudes, ideas y creencias sobre el mundo, derivadas de los saberes y conocimientos disponibles en la persona) y de la dimensión práctica (lo que hacemos a partir de lo que somos, de lo que sabemos, conocemos y creemos).

En síntesis se asume la noción de competencia como una consecuencia de la integralidad del individuo desde donde identificamos las predisposiciones de una persona como ser individual y social, de manera que desde los saberes, conocimientos y prácticas que ha elaborado, sabe reconocerse como individuo al tiempo que sabe vivir en sociedad, y puede formular y solucionar problemas interesantes en un contexto específico. Desde esta perspectiva, las actitudes constituyen el eje orientador de esquemas de acción que una persona en un ámbito propio y específico del conocimiento desarrolla (estructura cognitiva); en otras palabras, constituyen el “puente” entre nuestros conocimientos (estructura cognoscitiva), incluyendo nuestras concepciones sobre el mundo y la vida, y nuestras prácticas (estructura procedimental) que desde allí se derivan al poner en escena dichos conocimientos y concepciones.

Las competencias son en sí mismas de naturaleza cultural; nos permiten considerar una persona en su oficio o en su profesión como un individuo que hace parte de un contexto social que conecta un conjunto de conocimientos desde los cuales orienta el desarrollo de prácticas para formular y resolver problemas de interés. Para el caso del profesorado de ciencias, el tratamiento de problemas asociados con la educación científica implica el desarrollo del rol profesional del profesor mediante competencias científicas, pedagógicas y didácticas, desde las cuales puede orientar procesos adecuados de aprendizaje de las ciencias en los estudiantes.

En este orden de ideas, la formación del profesorado de ciencias implica la consolidación de personas con claridad individual y social, en relación con el papel en la cultura de la educación científica en el pasado, en el presente y en el futuro; con visión crítica de su desempeño profesional en tanto formador de ciudadanos, y para el caso del profesorado de ciencias encargado de la formación inicial de futuros profesores de ciencias; que construye y explicita competencias profesionales para activar sus conocimientos y sus predisposiciones, no solamente hacia el conocimiento científico sino también hacia los conocimientos propios de la enseñanza de las ciencias (conocimientos didácticos). Esto propicia una serie de aprendizajes de las ciencias entendidos tal y como hoy en día se espera, como una construcción colectiva y permanente de conocimientos, actitudes y prácticas científicas que proporcionen alternativas para solucionar problemas de interés para el contexto sociocultural de los estudiantes. En síntesis, debemos superar definitivamente modelos de formación de profesores que se reducen a impartir instrucciones en cuanto a aspectos pedagógicos y científicos, y que al final hacen creer que enseñar es fácil y que basta con saber la materia que se enseña sumado a un poco de destrezas metodológicas para suponerse un “buen profesor”.

Desde una perspectiva epistemológica, consideramos que la actuación del profesor se valora simultáneamente junto con una perspectiva práctica en las actuaciones docentes. La epistemología docente y la práctica docente conforman lo que según Kuhn (1962) es la estructura de una “matriz disciplinar” que da cabida a la estructura global en la que se sostiene la actuación profesional de un profesor de ciencias. Esta “matriz disciplinar” en consecuencia, fundamenta los elementos conceptuales y elementos actitudinales necesarios para desarrollar la estructura compleja de conocimientos, ideas y creencias de un profesor acerca de la enseñanza de las ciencias, pero también fundamenta efectos de carácter metodológico en lo que tiene que ver con los esquemas de acción propios de la práctica docente del profesorado.

La “matriz disciplinar” puede entonces ser caracterizada por un modelo didáctico habitual, si es que es compatible con esquemas habituales de enseñanza, o con un modelo alternativo más alejado de lo habitual y más cercano a esquemas de enseñanza contemporáneos, postulados desde la educación científica. El cambio didáctico esperado en lo que tiene que ver con la transformación de prácticas y de epistemologías habituales, por otras más próximas a los resultados de la investigación didáctica contemporánea, podría ser evidenciado a través del reconocimiento de una “matriz disciplinar” alternativa que pueda ser identificada por otros y vivenciada por el profesor.

Según Copello y Sanmartí (2001), la extensión de la idea de epistemología personal docente a la formación permanente del profesorado de ciencias, se comprende en la medida en que el cambio didáctico depende fundamentalmente de su sistema personal de valores y de actitudes iniciales, así como de las interacciones que en este sistema pueda jugar el profesor en el desarrollo del programa. Frente a este supuesto resulta posible creer que la epistemología personal docente participa de las actitudes y de los valores asumidos socialmente en la enseñanza (Gil, 1983 y Furió, 1994).

Cuanto más estable se encuentre la epistemología personal del profesor en una estructura de valores y de actitudes próximas a una didáctica habitual y convencional de las ciencias, mucho más difícil será el logro de estos cambios; ello exige la consolidación e intervención del profesorado en programas directamente enfocados hacia una transformación de sus competencias didácticas y, en consecuencia, de cambios hacia modelos didácticos alternativos que les signifique mayores éxitos. Trabajos como los desarrollados por Briscoe (1991) y por Furió y Gil (1999), demuestran que para que estos programas sean exitosos requieren ser explícitamente orientados para tal fin, lo que necesariamente supone la superación de actividades en las cuales simplemente se informa a los profesores acerca de nuevas tendencias sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio

La investigación en educación científica ha venido resaltando, en el ámbito de la formación de profesores, la importancia del reconocimiento de la epistemología docente como fuente para comprender y transformar esquemas de acción alrededor del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, esto debido a que puede operar de manera explícita o implícita y a que se puede constituir como un obstáculo para el desarrollo de una práctica docente eficaz (Gil, 1991; Bell, 1998). En el trabajo de Carnicer y Furió (2002) se hace referencia a proyectos adelantados por Tobin y Espinet (1989), Bell y Pearson (1992) y Briscoe (1991), quienes apoyados en estas tesis, indican que en definitiva, para transformar lo que los profesores y los alumnos hacen en clase, es necesario el reconocimiento de la epistemología docente, tanto sobre la enseñanza como sobre el aprendizaje.

El reconocimiento de la epistemología docente nos brinda las claves necesarias para comprender los conocimientos y las actitudes de los profesores en torno a la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y, en definitiva, el currículo. La epistemología docente habrá de permitirnos el logro de rees-

estructuraciones didácticas débiles o fuertes, y en general nos ha de permitir comprender las características de la práctica docente. En contraposición, no tener en cuenta la epistemología del docente al momento de diseñar programas de formación inicial o continuada del profesorado de ciencias, puede constituirse en un serio impedimento para el desarrollo de cambios didácticos. La investigación en Didáctica de las Ciencias viene interesándose por conocer lo mejor posible la epistemología que subyace en cualquier modelo de enseñanza, desde los más frecuentemente utilizados hasta los más contemporáneos, dado que brinda las pautas conceptuales para poder describir el pensamiento y las acciones de los profesores.

Carnicer y Furió (2002) muestran cómo la investigación que se ha hecho sobre la epistemología personal docente, ha sido documentada por Porlán (1989) desde perspectivas del desarrollo de hipótesis de progresión teórica, aunque con poca información contrastada sobre los modelos que se explicitan desde ella; según estos autores hoy se sigue careciendo de un significado claro de lo que podríamos denominar epistemología docente. Briscoe (1991) denomina epistemología personal docente al énfasis que hay sobre las creencias, las concepciones o simplemente las ideas del profesor sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y cómo estas se originan. De otra parte, Oliver y Koballa (1992) registran las características comunes del constructo “creencias” encontradas en la investigación didáctica, resaltando que dichas creencias se adquieren mediante la comunicación y acaban guiando la acción; Claxton (1987) se refiere al carácter sistémico y coherente de pensamiento del profesor y lo denomina teorías personales docentes.

Examinando estas diferentes posturas, encontramos cómo unas y otras diferencian el pensamiento del profesor de la acción educativa, y en consecuencia sugieren que es lógico plantear como problemas de investigación en formación de profesores, las relaciones que existen entre la epistemología personal docente y la práctica personal docente. En tal sentido, se encuentran trabajos que presuponen la existencia de cierta correlación entre pensamientos y acciones, particularmente en lo que se refiere a las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia y la práctica docente; Tobin y Espinet (1989) describen algunas investigaciones por estudios de casos, donde dos profesores investigados creían que la ciencia es un conjunto de verdades que habrían de trasvasarse a la mente de los estudiantes, sin tener en cuenta el carácter hipotético del conocimiento científico, lo que mostraría de alguna manera relaciones entre una concepción de la epistemología docente (basada en ciertas posturas sobre la ciencia más centradas en elementos de naturaleza positivista e inductivista) y ciertos modelos de enseñanza de corte estrictamente transmisivo.

Sin embargo, también se encuentran otros trabajos, como los de Hodson (1993), donde se muestran relaciones más complejas entre la epistemología y la práctica docente, de manera que llama la atención sobre si es posible pensar una relación directa causa-efecto entre una y otra. La complejidad de estas relaciones, ha hecho que algunos investigadores se inclinen por conceder mayor énfasis al estudio de la práctica docente que a las creencias epistemológicas de los profesores y más bien han procurado derivar a partir de los hallazgos realizados sobre la práctica docente, las características fundamentales de dicha epistemología. Tobin, *et al.* (1993) estudiaron las relaciones entre la epistemología y la práctica docente de un profesor tutoriado, quien manifiesta creencias de naturaleza objetivista acerca del conocimiento científico, es decir, concibe estos conocimientos como verdades a las que tenemos acceso los seres humanos a través de la acción científica. En el trabajo desarrollado por estos autores se logró –con el apoyo de la tutoría– que el profesor apropiara un conjunto de creencias de naturaleza constructivista, aunque no correspondieran con su práctica docente. Se encuentra en este caso, un ejemplo de otro modelo de trabajo en el cual se logran transformaciones a nivel conceptual, es decir, a nivel de la epistemología docente, pero no así a nivel de la práctica docente.

El grupo IRES (Investigación en la escuela de la Universidad de Sevilla) ha propuesto algunos modelos epistemológicos docentes que, a título de hipótesis de progresión, vendrían a constituir cuatro niveles de formulación del conocimiento profesional (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997; 1998); en otros trabajos de este mismo grupo de investigación se han identificado algunos obstáculos, que en relación con el conocimiento profesional, pueden presentar las percepciones más habituales entre los profesores (Porlán, Rivero, y Martín del Pozo, 1997).

Podemos entonces replantear la idea de epistemología docente, con lo cual procuraríamos resolver, por una parte la dispersión conceptual existente en la investigación en formación de profesores, y por otra, la complejidad de las relaciones entre creencias y prácticas docentes. Desde la epistemología docente hemos de referirnos a un sistema dinámico de saberes, conocimientos, actitudes y valores del profesor hacia el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias que abarcaría desde las concepciones y creencias sobre la ciencia, y su enseñanza y aprendizaje, hasta las tomas de decisión que orientan los esquemas de acción como antecedentes de la práctica docente.

Hay que recordar trabajos muy importantes sobre las actitudes hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, como el que adelantó Simpson *et al.* (1994), que ha mostrado las relaciones complejas y problemáticas

entre las actitudes y la conducta, donde no siempre existe una correlación directa entre ambas. Sin embargo, el modelo de formación actitudinal utilizado en el aprendizaje de las ciencias y denominado modelo de acción razonada y de conducta planificada, sugerido por Fishbein y Ajzen (1975), supone cierta coherencia y circularidades entre actitudes y conductas. Este mismo modelo de formación actitudinal puede ser aplicado a la formación continuada de los profesores de ciencias y permite, como diría Carnicer (1998), explicar el carácter problemático y sistémico de la epistemología docente. A partir de la tesis fijada por Fishbein y Ajzen (1975), se muestra la coherencia y circularidad que puede haber entre conocimientos y actitudes como un modelo complejo entre la epistemología docente y la conducta desarrollada por el profesor a través de la explicación de los esquemas de acción previstos en la práctica docente.

Proponemos aquí una epistemología personal docente que consta de un componente conceptual, basado en los esquemas de conocimientos propios sobre la ciencia y sobre la enseñanza de las ciencias, que está asociada con un componente cognitivo, conformado por un conjunto de ideas y creencias, un componente conativo (tomas de decisión) y uno valorativo (grados de aceptación y rechazo) que los profesores manifiestan en relación con la ciencia, la enseñanza, y el aprendizaje de las ciencias. Siguiendo la propuesta desarrollada por Simpson *et al.* (1994), estos últimos tres componentes citados conforman uno más global: el componente actitudinal, que junto con el conceptual y el metodológico, estructura el *saber*, el *saber-hacer* y el *hacer*, competencias básicas e indelegables de una persona en el ejercicio de una actuación profesional o de un oficio. La correlación entre las actitudes y los conocimientos de los profesores en relación con la ciencia y sobre la naturaleza del conocimiento científico, consolidan la epistemología docente.

Dado que el trabajo en Educación Científica no se considera un proceso neutral y asociado más bien con unos intereses curriculares, con políticas educativas y fundamentalmente con la consolidación de un conjunto de conocimientos y creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, debemos considerar al profesor como un sujeto social donde su trabajo está continuamente configurándose y reestructurándose en cuanto a conocimientos, ideas, actitudes y esquemas de acción como factor para su desarrollo profesional y para la modificación de sus prácticas educativas. Por lo tanto, no hay que olvidar que la práctica pedagógica de los docentes desde un comienzo está impregnada por una formación ambiental basada en la experiencia que como estudiantes hemos tenido y que después se consolida en la actividad profesoral, así pues, si se piensa en la consolidación de un modelo epistemológico docente que nos permita realmente

transformar la práctica docente, debemos considerar los conocimientos, las actitudes y las prácticas previas para que a partir de ellas, en un aprendizaje continuo, se apropien mediante cambios radicales o reestructuraciones débiles según sea el caso, nuevos conocimientos, actitudes y prácticas que de igual forma serán susceptibles de modificar cuando las necesidades y expectativas profesionales así lo ameriten.

A continuación se muestran algunos resultados de la investigación contemporánea en formación de profesores y en relación con sus concepciones hacia el conocimiento y la actividad científica, así como también otras concepciones de naturaleza didáctica. En relación con las concepciones científicas del profesorado, según Porlán (1998), en el contexto de la Didáctica de las Ciencias se prestaba principal atención a los aspectos procedimentales y estructurales del pensamiento del profesor, sin embargo, este autor indica cómo en los últimos años ha habido un interés creciente por indagar y comprender acerca de las concepciones de los profesores. Así, en esta perspectiva, se han venido desarrollando diferentes tipos de estudios en el marco de la línea de formación de profesores. Entre ellos destacan aquellos que se centran, por una parte, en las ideas de los profesores acerca del conocimiento científico, su naturaleza, su estatus, sus reglas de producción y validación, su relación con otros conocimientos, la manera como cambia y progresa, etc. Por otro lado, los que abordan las creencias pedagógicas que incluyen un amplio rango de aspectos relacionados con la enseñanza y con el aprendizaje de las ciencias, y finalmente, los que procuran identificar relaciones entre el conocimiento y su construcción y transmisión en el contexto escolar, lo que llamarían Porlán (1989) y Pope y Scott (1983), la epistemología de lo escolar.

Varios autores como Pope y Gilbert (1983), Gordon (1984), Gil (1991), Lederman (1992) y Kouladis y Ogborn (1995), hacen referencia a cómo los profesores transmiten una imagen deformada del conocimiento del trabajo científico, imagen muy distante a los aportes recientes que se han hecho desde la epistemología de la ciencia, y cuya problemática, en consecuencia, debe ser necesariamente revisada en cualquier proceso de formación de profesores. Gordon (1984) muestra cómo una imagen deformada de las concepciones epistemológicas de los profesores de ciencias terminan presentándola como un proceso acabado, un proceso que conduce a verdades absolutas, y a los científicos como seres de inteligencia superior. En este sentido también se muestra, cómo incluso los medios de comunicación y el lenguaje cotidiano contribuyen también a difundir en la sociedad esos mitos que pueden ser fácilmente impregnados en el profesorado si no se le dedica especial atención a estos aspectos a lo largo de su proceso de formación, tanto inicial como continuada. En general, estos mitos habituales dados cotidianamente,

hacen suponer el progreso científico como el resultado de grandes golpes de suerte, a los científicos como seres casi no-humanos y salidos de lo común, como personas que se dedican a develar y a encontrar las verdades ocultas de la naturaleza y a desarrollar experimentos siempre infalibles.

En un estudio empírico realizado sobre este aspecto por Cotham y Smith (1991) se desarrolló un cuestionario denominado "*Conceptions of Scientific Priorities Test*" el cual consta de cuatro dimensiones: implicaciones de naturaleza ontológica, la génesis, la elección y la comprobación de teorías, y en cada una de estas dimensiones buscaban dos alternativas epistemológicas: para el caso de lo ontológico, las relaciones entre el realismo y el instrumentalismo; para el caso de la génesis, la relación entre inductivismo e invención; para el caso de la elección de teorías, la relación entre el objetivismo y el subjetivismo, y para el caso de la comprobación de teorías, la relación entre tentativismo y conclusionismo. Los datos señalan que los profesores de primaria terminan siendo conclusivistas a la hora de comprobar las teorías, inductivistas para explicar cómo se genera el conocimiento científico y objetivistas para elegir entre teorías que rivalizan. En otro trabajo, Lederman (1992) pone de manifiesto una tendencia reiterada por parte de docentes y estudiantes para profesores de ciencias, hacia las características de naturaleza positivista o empiro-inductivista del conocimiento científico. Por otra parte, en el trabajo de Kouladis y Ogborn (1989), se demuestra que existen evidencias de otros puntos de vista sobre el conocimiento científico que constituyen una cierta evolución desde una imagen empiro-inductivista hacia planteamientos más contextualizados.

Kouladis y Ogborn (1989) trabajaron con una muestra de doce profesores de ciencias y con once estudiantes para profesores de ciencias. Los tipos de respuestas conducen a identificar sus puntos de vista con tendencias muy cercanas al hipotético-inductivismo, al deductivismo y al contextualismo, así como también hacia el relativismo. Sin embargo, también fue posible encontrar lo que algunos autores denominan posiciones eclécticas, en las que realmente no se encuentra de manera definitiva una marcada tendencia hacia una de estas posturas. De todas maneras, los puntos de vista que más se han podido identificar tienen que ver con los profesores que mantienen una posición de naturaleza inductivista respecto a la metodología científica, suponiendo el método científico como la principal herramienta para la producción del conocimiento científico, pero que en ocasiones tienden, como muestran estos estudios, a manifestar puntos de vista racionalistas al momento de diferenciar entre lo que es ciencia y lo que no lo es, que es un aspecto muy importante para destacar. Otro gran grupo es el que clasificaría a los profesores dentro de lo que denominan Kouladis y Ogborn (1985) como contextualismo metodológico, asociándolo con una postura racio-

nalista indecisa respecto al estatus del conocimiento científico, aunque se identifica la tendencia al adoptar una postura de carácter contextualista-relativista para explicar los cambios en dicho conocimiento; en definitiva, en esta investigación se encuentra que hay un predominio principal de enfoques absolutistas y positivistas, y que definitivamente estos enfoques son necesarios al momento de desarrollar cualquier proceso de formación de profesores.

En el marco de las posturas de carácter inductivista hacia el conocimiento científico, se encuentran aspectos como los principios de neutralidad y autenticidad del conocimiento científico; así pues se supone que el conocimiento está en la realidad y que la ciencia es un reflejo directo de la misma, es decir, se evidencia una clara tendencia de una postura realista ingenua. Se considera la existencia de un método científico único y universal para acceder al conocimiento, sin posibilidad de que dicho método esté influenciado por la subjetividad, es decir, se asume una postura de naturaleza objetivista; el método científico parte de una observación en general neutral, después se pasa a una fase de elaboración de hipótesis con las cuales se pueden fundamentar experimentos y finalmente obtener conclusiones que pueden entenderse como enunciados de las teorías. Se trata de concepciones de carácter empiristas radicales o experimental-inductivistas, tal y como lo sugieren Aguirre y Haggerty (1995).

De otra parte, se encuentra que al conocimiento científico se le concede un principio de veracidad, es decir, dado que los conocimientos son obtenidos empíricamente, estos tienen características absolutas y universales. Sin embargo, en determinados sujetos es posible haber encontrado tendencias en las cuales hay posiciones un tanto más relativistas debido al conocimiento de la existencia de diferentes teorías científicas sobre un mismo fenómeno a lo largo de la historia. En estos casos se han identificado posiciones más tradicionales, que consideran la posibilidad de hacer descartes en la medida en que una de las teorías vaya tomando más fuerza y sobrepase las otras; de todos modos la tendencia fundamental es considerar el conocimiento científico como algo que apunta a encontrar la verdad escondida en la realidad. Estas posturas epistemológicas dan cuenta de un principio de superioridad del conocimiento científico, es decir, expresan la idea de lo que denominarían Porlán, Rivero y Martín del Pozo (1997) un cierto “autoritarismo epistemológico”, al considerar el conocimiento científico como una forma superior de conocimiento que termina infravalorando a los otros, especialmente a los más cotidianos y subjetivos.

A manera de síntesis, podemos decir que la epistemología docente está conformada por tres ejes indelegables en la profesión del profesor y que se

corresponden entre sí a la manera de un sistema complejo (Bertalanffy *et al.*, 1984). El eje conceptual corresponde al conjunto de conocimientos que un profesor ha de *saber* en relación con la disciplina que enseña y otras disciplinas conexas desde las cuales se investiga, empleando los paradigmas de la ciencia; también con conocimientos asociados para comprender la naturaleza de la ciencia (filosofía e historia de las ciencias); finalmente, en este eje ubicamos el otro gran bloque de conocimientos necesarios en un profesor y que ha sido olvidado en muchos modelos de formación de profesores: se trata de los conocimientos asociados con la didáctica de las ciencias experimentales. En consecuencia, en el eje conceptual podemos categorizar entonces: a) las estructuras teóricas de conocimientos que el profesor debe saber, de forma tal que se trata de conocimientos que, como afirma Duschl (1997), corresponden a relaciones de conceptos, principios, leyes y axiomas propios de las teorías científicas y que tienen sentido en la medida en que el profesor, de manera simultánea y conexas, también reflexiona usando para ello; b) conocimientos propios sobre la estructura interna de las teorías científicas, es decir, activando sus saberes en torno a la filosofía de la ciencia y desde la cual se integran componentes como la epistemología y la historia de la ciencia (Mc Comas 1998; Duschl, 1997). Estos conocimientos, imprescindibles para una práctica docente innovadora, están directamente relacionados con la reflexión sobre el origen, desarrollo y estructura del conocimiento científico y por tanto, en forma general, sobre la naturaleza de las ciencias, que Izquierdo (1996) denomina “la nueva historia y filosofía de la ciencia”.

En el eje conceptual, necesario para la actividad profesional de un docente de ciencias, se establece entonces el andamiaje teórico que permite al profesor la fundamentación necesaria para comprender los conceptos y los principios generales de los paradigmas de la química, elementos “visibles” de la ciencia que es objeto de enseñanza, y también los conocimientos “implícitos”, que dan cuenta al profesor de la manera en cómo los conocimientos científicos se han producido, cómo se han transformado, cómo son validados por parte de las comunidades académicas especializadas, cómo se suelen aceptar y/o rechazar; en general, se trata de la reflexión proveniente de los aportes de la filosofía, la epistemología y la historia de la ciencia. Se trata de un bloque de conocimientos, indispensable en la estructura conceptual de la actividad profesional del profesor de ciencias, que habitualmente se ha ignorado y que explica, en buena medida, las razones de una enseñanza de las ciencias centrada casi exclusivamente en la transmisión de teorías y conceptos, cuya esencia filosófica corresponde a posturas empiristas y positivistas de la ciencia, y sus soportes psicológicos al paradigma conductista y behaviorista.

La otra parte del eje conceptual corresponde al conocimiento del profesor de ciencias en relación con los saberes propios de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, saberes que dependen fundamentalmente de su conocimiento e implicación sobre los resultados que se han venido produciendo desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Al igual que sucede con el conocimiento científico, el cual a lo largo de su desarrollo ha requerido de interrelaciones con otros campos de conocimiento, la Didáctica de las Ciencias, además de su desarrollo intrínseco, ha venido ampliando sus relaciones transdisciplinarias e interdisciplinarias (Resweber, 1981) con otros campos del conocimiento interesados en resolver problemas educativos y particularmente de la educación científica, tales como la psicología cognitiva, la sociología y la pedagogía.

El segundo gran eje de la actividad profesional del profesor de ciencias es el actitudinal, el cual nos da cuenta de las predisposiciones de un profesor hacia la enseñanza de las ciencias. Nos da pautas para reconocer lo que debemos *ser* y *saber hacer* los profesores de ciencias. Desde este eje podemos: a) comprender el conjunto de ideas y creencias que el profesor manifiesta y asume en relación con la investigación y la innovación en la enseñanza de las ciencias; b) de igual modo también nos ayuda a identificar el sistema de valores y principios que el profesor de ciencias explicita cuando define grados de aceptación o rechazo hacia sus actividades propias como enseñante o hacia las actividades que otros colegas desarrollan en el acto educativo, así como también a valorar y desde allí, a aceptar o rechazar resultados de la investigación y la innovación en educación científica; c) finalmente, el eje actitudinal se constituye en patrón para comprender las decisiones que el profesor toma al diseñar, desarrollar y evaluar actividades de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, las cuales nos permiten identificar y prever esquemas de acción que son, en últimas, los que nos ayudan a identificar en la práctica las concepciones que sobre la ciencia, la naturaleza de la ciencia y la enseñanza de la misma son utilizadas por el profesor para adelantar su praxis educativa.

Los dos ejes citados anteriormente, el conceptual y el actitudinal, es decir, la estructura conceptual del conjunto de conocimientos que el profesor debe *saber* y las actitudes y esquemas de acción que se pueden derivar de dichos conocimientos que nos dan cuenta de lo que el profesor debe *ser* y *saber hacer*, corresponden a lo que aquí consideramos como “la epistemología docente”, que puede caracterizarse como una epistemología docente habitual o contemporánea según sean los fundamentos conceptuales y los esquemas de acción empleados por el profesor de ciencias.

La epistemología docente, bien sea habitual o transformada, o que se encuentre en camino de transformación, es la que sustenta en sí misma la práctica docente del profesor. Así pues, si encontramos rutas curriculares fructíferas que favorezcan cambios en la epistemología docente, es decir en las concepciones y en las actitudes del profesor de ciencias, probablemente nos sería más fácil coadyuvar a transformar las prácticas docentes de forma tal que contribuyan a mejores resultados en el aprendizaje de las ciencias, tanto en el orden cognitivo y metacognitivo (niveles de aprendizaje y estilos de razonamiento), como en el social y cultural (alfabetización científica). Así pues, la investigación en formación de profesores ha de posibilitar una práctica docente (lo que el profesor debe *hacer*) sustentada en estructuras de una epistemología acorde con las expectativas de la educación científica contemporánea, guiada por los avances recientes en el campo de la Didáctica de las Ciencias.

Visiones deformadas sobre la naturaleza de la ciencia y de la actividad científica que se transmiten en la enseñanza

Como parte del inventario de ideas docentes previas, elaboradas a través del desarrollo de diversas investigaciones dedicadas a la formación del profesorado, así como a la explicitación de algunas de las concepciones contemporáneas en relación con aspectos conceptuales cruciales en educación científica, se hace necesario revisar dentro de la estructura de la epistemología docente habitual, el supuesto por parte de los profesores de ciencias en torno a que las principales necesidades formativas están centradas exclusivamente en conocimientos cada vez más rigurosos y más profundos de la propia asignatura que se enseña, es decir que la principal necesidad formativa del profesor debiera apuntar a tratar conocimientos disciplinares objetos de referencia en el acto educativo. Poco se comprende la importancia de incorporar en este bagaje de conocimientos necesarios para una práctica profesional de mayor calidad, conocimientos en Didáctica de las Ciencias, porque se supone que aprender o mejorar la práctica de la enseñanza de las ciencias físicas, las ciencias químicas o las ciencias biológicas, simplemente requiere de un conocimiento cada vez más riguroso de estas teorías ya que se supone que, enseñando bien, es decir, transmitiendo adecuadamente los conocimientos de estas disciplinas, se logran excelentes resultados en el aprendizaje de los estudiantes. Se olvida de las diferencias sustanciales entre la epistemología propia de los conocimientos científicos en relación con la epistemología propia de los conocimientos en educación científica, ya que si bien guardan estrecha relación entre ellos, no se pueden olvidar las diferencias debidas a los con-

textos, las finalidades y las características de las prácticas profesionales que implican la investigación científica propiamente dicha y la investigación específica dirigida al logro de aprendizajes de conocimientos científicos.

Sin embargo, resulta paradójico suponer que el centro de la formación de profesores de ciencias es exclusivamente la formación científica, pues como se ha dicho, no solo olvidan el papel fundamental del conocimiento en didáctica de las ciencias, sino que asumen un referente científico “incompleto”. Trabajos precedentes como los realizados por Matthews (1990, 1994, 1998, 1998-a), demuestran cómo, en muchos casos, se puede encontrar que la organización y la secuencia curricular de los contenidos científicos que se enseñan son incoherentes e incompatibles con los desarrollos históricos de estos contenidos científicos. En general, se asumen secuencias de contenidos basadas en la simplicidad hasta alcanzar mayores niveles de complejidad, cuando efectivamente estudios históricos demuestran muchas veces que el desarrollo de conocimientos científicos no ha seguido una evolución lineal en búsqueda de mayores niveles de profundización y complejidad, como se muestra en muchas secuencias de contenidos en los currículos de ciencias. Explicar bien, como lo menciona Campanario (2002), significa explicar correctamente según la lógica de la disciplina que ya está obviamente bien estructurada desde el punto de vista histórico.

Así pues, desde una perspectiva histórica y epistemológica como fundamento para la organización de contenidos científicos, y desde un enfoque didáctico que supera la simple transmisión verbal de conocimientos, la enseñanza de las ciencias no debería reducirse a abordar temáticas con finalidades propedéuticas que van desde lo más simple hasta lo más complejo para que una vez abordadas no vuelvan a ser tratadas, sino por el contrario, debe proponer la resolución de problemas de interés, que pueden ser retomados en la medida en que los estudiantes avanzan en sus ciclos de formación e integran conocimientos que probablemente implican retomar otros que históricamente se habían dejado olvidados o no se les había prestado la atención suficiente.

No debe olvidarse que el desarrollo de muchas teorías o de diversos conceptos científicos, ha implicado el desarrollo de teorías o conceptos colaterales y que, en general, un programa de investigación científico no siempre se desarrolla de manera “pura”, pues se requiere de los avances hechos en el mismo o en otros programas, en función de resolver problemas para lograr la comprensión y respuesta exitosa ante un reto explicativo planteado por la ciencia. De igual forma, dado el proceso mismo de construcción permanente que caracteriza la ciencia debido a la constante actividad científica, los resultados logrados siempre tienen el carácter de provisionales,

pues éstos cambian en la medida en que al requerirse la resolución de nuevos problemas, o al desarrollarse nuevos marcos teóricos, se reelaboran explicaciones, argumentaciones teóricas, modelos experimentales o innovaciones técnicas y tecnológicas. De aquí la importancia y uno de los valores más significativos de los aportes que hay en las investigaciones para la Historia de las Ciencias y la Didáctica de las Ciencias.

Desde esta perspectiva, según concepciones habituales de la epistemología docente, solo se necesitaría conocer adecuadamente los contenidos de la asignatura que se enseña, sus niveles de complejidad y transmitir lo mejor posible dichos contenidos (que casi siempre se reducen a lo puramente conceptual, dejando de lado los contenidos actitudinales y metodológicos, que también hacen parte de las concepciones científicas). No se tienen en cuenta los desarrollos actuales de la epistemología de las ciencias, y quizás mucho menos la estructura del desarrollo histórico de los conocimientos científicos. En consecuencia, no se hace necesario integrar los conocimientos científicos y sus perspectivas epistemológicas e históricas en el contexto del cuerpo conceptual propio de la didáctica de las ciencias, contexto desde el cual, a partir de investigaciones en el ámbito de la formación de profesores de ciencias, vienen demostrándose evidencias tanto teóricas como experimentales de la escasa efectividad que tiene la enseñanza de las ciencias centrada exclusivamente en la transmisión acrítica de contenidos conceptuales.

Desde la perspectiva de Porlán, Rivero y Martín del Pozo (2000), se recoge la propuesta fundamental que considera que el conocimiento y la práctica del profesor de ciencias es un entramado epistemológicamente diferenciado, pero también entendido como el resultado de la reelaboración y la integración de otros saberes. El conocimiento profesional de los profesores aborda actitudes y valores encaminados a la transformación del contexto escolar y profesional. Como lo plantean Gil (1993), Furió (1994), Furió y Carnicer (2002), Mosquera (2001, 2008), Porlán (1993), Porlán y López (1993), puede encontrarse una equivalencia entre la manera como se orientan las concepciones de los alumnos desde una posición constructivista, con la manera de considerar las concepciones de los profesores como ejes orientadores de un proceso formativo en lo que tiene que ver con la apropiación de conocimientos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Así las cosas, la epistemología docente convencional, de no ser tratada explícitamente en un programa de formación en didáctica de las ciencias dirigido a profesores, puede fácilmente constituirse en un obstáculo para el cambio didáctico. De otra parte, la investigación desarrollada hasta el momento, muestra que la epistemología docente habitual se refuerza con el empleo de modelos de formación habituales, que

fundamentalmente yuxtaponen la formación científica disciplinar con la formación pedagógica (Porlán, Rivero y Martín del Pozo, 1997 y 1998; McDermott, 1990).

Consideraciones finales: análisis crítico de modelos de formación del profesorado de ciencias y perspectivas futuras

Los trabajos de Munby y Russell (1998) desarrollados en el *International Handbook of Science Education*, resaltan por una parte que las investigaciones en el campo de la formación de profesores han adquirido relevancia como dominio particular en la investigación en Educación Científica, y por otra, que se está dando una relativa importancia al conocimiento práctico de la enseñanza. Al respecto, en el contexto de la formación de profesores, se sugiere en la actualidad que los modelos y los programas sean consistentes con los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias y que a su vez resulten ser eficaces para el desarrollo profesional de los docentes. De esta manera se busca integrar en un continuo-coherente, las relaciones teoría-práctica en las que se concibe al profesor como un aprendiz novato tanto de las investigaciones como de las innovaciones en problemas referidos a la enseñanza de las ciencias, así como en la participación activa en modelos conceptuales y metodológicos propios de la misma.

Trabajos citados por Porlán (1998) y por Gil, Carrascosa y Martínez-Terrades (1999) hacen referencia al interés reciente en los procesos de formación de profesores en lo que tiene que ver con el “aprendizaje significativo de enseñar ciencia”, que no es otra cosa que el ámbito propio específico de lo que hoy en día conocemos como Didáctica de las Ciencias Experimentales. En el trabajo doctoral realizado por Carnicer (1998), y en Furió y Carnicer (2002), se muestra la importancia del desarrollo de un programa de formación de profesores basado en equipos cooperativos tutoriados, que a su vez facilitan en los profesores la reestructuración de sus esquemas de acción y de sus creencias, conocimientos y actitudes subyacentes que los guían tal y como lo proponen Borko y Putnam (1996).

La investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias ha puesto de relieve la existencia de una epistemología personal docente, construida a través de la impregnación ambiental que el profesor ha apropiado a lo largo de su vida como estudiante y que después, como profesor, mediatiza a través de actitudes y de comportamientos explícitos en el trabajo de aula de clase; esta epistemología personal docente, en muchos casos puede constituirse como un obstáculo para los cambios didácticos esperados, pero

también como una oportunidad de desarrollo que puede justificar y de alguna manera fundamentar nuevas construcciones didácticas tal y como lo expresan Tobin y Espinet (1989) y Carretero y Limón (1996). Podría afirmarse que programas de formación de profesores apoyados en la simple información de nuevos conocimientos científicos, pedagógicos o didácticos, y en la ilustración de nuevas metodologías, no favorecen cambios didácticos, pues esta alternativa se cimienta en el paradigma externalista del aprendizaje, el cual supone que éste se evidencia por cambios en las conductas de las personas debidos a estímulos o a información externa, y que como lo han hecho notar varias investigaciones, en el sentido estricto de la palabra, no genera aprendizajes sino más bien acumulación de información que no favorece las transformaciones necesarias en una persona, tanto para superar sus creencias previas, como para solucionar de manera idónea problemas de interés y de su contexto (Murillo, 2003; Zabalza, 2003).

Sin embargo, conviene precisar que no solo los cambios conceptuales en el marco de las transformaciones didácticas son suficientes: se requiere además el desarrollo de cambios metodológicos y actitudinales: los metodológicos para favorecer nuevas aproximaciones hacia la metodología de producción de los saberes –cambios en la manera como nos enfrentamos a problemas y a la manera de solucionarlos, es decir cambios en cuanto al hacer– y los actitudinales para aproximarnos a nuevas predisposiciones hacia el conocimiento científico, hacia la actividad científica y hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (es decir, cambios en el *ser* y en el *saber hacer*).

De esta manera consideramos que los procesos de formación de profesores deberían organizarse sobre la base de las orientaciones de modelos didácticos asociados con la enseñanza de las ciencias por investigación dirigida. De manera equivalente al tratamiento para la enseñanza de conocimientos científicos desde una perspectiva constructivista, desde donde se considera la necesidad de cambios de naturaleza conceptual, metodológica y actitudinal, para los efectos en los procesos de formación de profesores desde la perspectiva constructivista del cambio didáctico, se esperan transformaciones conceptuales, metodológicas y actitudinales hacia la enseñanza de las ciencias: conceptuales en lo que tiene que ver con las reorientaciones que el profesor asume en relación con nuevos conocimientos sobre la ciencia y sobre la actividad científica, así como con relación a nuevos conocimientos sobre la enseñanza de las ciencias; actitudinales en lo relativo a nuevas y mejores predisposiciones del profesorado hacia la enseñanza de las ciencias, y metodológicos propiamente dichos, en lo que tiene que ver con nuevas orientaciones del profesor en el aula de clase, es decir, cambios

alternativos en lo que respecta al hacer del profesor en el trabajo habitual del aula de clase.

Estas reestructuraciones en las concepciones del profesorado y en sus actitudes y prácticas en el aula, han de producirse de modo consciente para que efectivamente sean significativas e impacten en la naturaleza del trabajo docente. Ello implica que la formación inicial y permanente del profesorado no puede reducirse a programas donde simplemente se transmitan nuevas ideas o alternativas de trabajo en el aula en relación con la enseñanza, el aprendizaje, el currículo o la evaluación, ya que seguramente no estaríamos favoreciendo propiamente reestructuraciones conceptuales, metodológicas y actitudinales propias de un cambio didáctico radical, tanto en la epistemología como en la práctica docente. Por el contrario, estaríamos abocados a tratar con el profesorado algunos conocimientos descontextualizados en relación con nuevas ideas sobre la enseñanza o con nuevas metodologías que no favorecerían realmente compromisos serios por parte del profesorado para afrontar la enseñanza de las ciencias desde orientaciones definitivamente diferentes a las que habitualmente realizan, y que muy seguramente no resultan ser consecuentes y fundamentadas con los resultados propios de la investigación contemporánea en formación de profesores en el ámbito de la educación científica.

Cambios conscientes en el pensamiento y en las prácticas del profesorado harán explícitas, efectivamente, las relaciones entre lo que piensa y hace el profesor con lo que está mostrando la investigación didáctica; Carnicer (1998) indica cómo los cambios didácticos tienen que ser percibidos como un triple desarrollo, esto es, en lo profesional, en lo social y en lo personal, si el profesor persigue mejorar sus enseñanzas y conseguir así mejores resultados en el aprendizaje de sus estudiantes.

De hecho, el nivel conceptual en las concepciones de los profesores da sentido al nivel práctico en la actuación del docente, dependiendo del tipo de actitudes que el profesor asuma y explicita en su trabajo docente, esto quiere decir que las concepciones del profesor guían sus ideas, sus creencias, sus grados de aceptación o de rechazo y sus decisiones, y todo ello se refleja en las acciones que en la práctica adelanta el profesor en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. A partir de esta tesis, se puede plantear a título de hipótesis, que la incoherencia entre lo que sabe el profesor (nivel conceptual, conocimientos y concepciones) con lo que hace en la práctica (nivel operativo, esquemas de acción) se debe al deficiente desarrollo de un tercer valor agregado en la actividad profesional del docente: las actitudes del profesor (nivel cognitivo, ideas, creencias, valores y orientaciones para las decisiones). Por lo anterior, es impensable suponer programas de

formación del profesorado para propiciar cambios didácticos que involucren componentes conceptuales, actitudinales y metodológicos de manera simultánea, relacionada y coherente.

La finalidad primordial de la formación de profesores de ciencias en el contexto contemporáneo de la educación científica, es la de promover e incentivar en el profesor la vocación de un docente innovador, y si es posible, orientarle para que su práctica cotidiana esté inmersa en el contexto de la investigación didáctica; tarea que efectivamente constituye un reto esencial para la Didáctica de las Ciencias, en particular, para la línea de investigación en formación de profesores de ciencias. Kyle *et al.* (1991) fundamentan su tesis acerca de cómo una nueva imagen de los roles de los profesores está emergiendo, ya que además de requerir un conocimiento específico de la disciplina y un conocimiento sobre didáctica específica, los profesores han de disponer de tiempo para debatir ideas con sus colegas, participar en el desarrollo profesional e investigar sobre la enseñanza y el aprendizaje. Por lo tanto, se podría afirmar que para el caso del profesorado de ciencias y sus problemas actuales en cuanto a formación específica, se requiere necesariamente encontrar alternativas sobre cómo a través de un desarrollo consciente de nuevas necesidades didácticas, pueda ser posible no solamente que los profesores apropien nuevas concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje, manifiesten nuevas predisposiciones y desarrollen nuevos esquemas de acción en el trabajo de aula de clase, sino que también puedan sentir necesaria su vinculación a comunidades especializadas de investigadores en educación científica; ello quiere decir que han de asumir, comprender y constituir su trabajo cotidiano como problemas de enseñanza que pueden ser resueltos a través de investigaciones rigurosas y sistemáticas apoyadas en las orientaciones conceptuales contemporáneas en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias.

A partir de la epistemología personal inicial del profesor, la cual debe hacerse explícita para que no se constituya en un obstáculo para el cambio didáctico, sino que por el contrario, sea un agente dinamizador de éste, el docente ha de elaborar de manera significativa nuevos conocimientos didácticos desarrollados mediante la investigación en este campo. Ello implica necesariamente que los profesores puedan reconstruir estos conocimientos, así pues, modelos de formación del profesorado coherentes con estos planteamientos constructivistas pueden ser apoyados tanto en formación inicial como en formación permanente, a partir de la metáfora de los profesores investigadores noveles que trabajan en equipo replicando investigaciones didácticas dirigidas en una fase inicial por un profesor experto que se puede constituir como tutor, asesor o coordinador de aquellas inves-

tigaciones. Experiencias de esta naturaleza han sido referenciadas por Furió (1994) y por Furió y Gil (1999) según Furió y Carnicer (2002).

En una primera fase de regulación del grupo se requerirá por un cierto tiempo, el desarrollo explícito de la búsqueda de cambios actitudinales, que favorezcan el paso al profesor de entenderse simplemente como un consumidor de nuevas ideas sobre la enseñanza de las ciencias hacia un productor de resultados propios de investigaciones didácticas de las ciencias que, a su vez, aportan al crecimiento conceptual de este ámbito de conocimientos. Se espera en consecuencia que este tipo de trabajo se desarrolle a través de equipos cooperativos de investigación que autorregulen su funcionamiento, al igual que sucede con cualquier grupo de formación de investigadores en campos específicos de otros dominios científicos.

La literatura contemporánea en el ámbito de formación de profesores, muestra cómo los cambios didácticos que en un momento dado puedan manifestarse en los profesores de ciencias, podrían depender fundamentalmente de la reestructuración propia, deliberada y consciente en su epistemología docente, y para ello se hace necesaria la identificación de las estructuras conceptuales base de sus epistemologías docentes iniciales, de las características concretas del programa que se piensa llevar a la práctica y, fundamentalmente, de las nuevas orientaciones que puedan desarrollarse a nivel de esta epistemología docente, las cuales resultan ser la base fundamental para comprender nuevas maneras de desarrollar y de interpretar la práctica docente que el profesor realiza cotidianamente con sus estudiantes.

Apoyados en el modelo de enseñanza por investigación orientada sugerida por Gil (1993), el cual supone el aprendizaje de las ciencias entendido no solamente como el aprendizaje de conceptos sino también, como la formación de actitudes positivas hacia la ciencia y la actividad científica –lo que implica cambios en las prácticas con que se elaboran conocimientos científicos–, es posible establecer paralelismos con el aprendizaje necesario por parte de los profesores de ciencias para favorecer en ellos cambios didácticos.

Nuevas estrategias de formación de profesores, apoyadas en este modelo, han de facilitar necesariamente el aprendizaje de la enseñanza de las ciencias por parte de profesores, entendido éste como cambios conceptuales, epistemológicos, metodológicos y actitudinales del profesorado hacia la enseñanza de las ciencias. Para llevar a cabo estas nuevas estrategias se hace necesario el acompañamiento de un tutor experto que se constituye como un orientador guía de profesores investigadores noveles en ámbitos propios de la enseñanza de la ciencia. Las características de estos nuevos modelos

de formación obviamente tendrán que ser coherentes con las orientaciones constructivistas, y necesariamente tendrán en cuenta para ello las ideas, los intereses, las visiones del mundo, las destrezas, las actitudes, las experiencias previas y las necesidades formativas de los profesores que participan en las mismas, es decir, deben iniciar por el reconocimiento explícito de las ideas espontáneas docentes que los profesores puedan manifestar, así como tienen que orientarse para la reconstrucción de conocimientos didácticos y, en particular, para mostrar la existencia de alternativas didácticas eficaces a modelos de enseñanza habituales tales como el de la transmisión de conocimientos ya elaborados o el del aprendizaje de conocimientos por descubrimiento inductivo y autónomo.

Por otra parte, estos nuevos modelos de formación docente deberán favorecer la reflexión colectiva de los profesores en pequeños grupos sobre los problemas y dificultades que se presentan en el aprendizaje habitual; estas referencias podrán mostrar al profesorado cómo evidentemente estas nuevas orientaciones pueden resultar más eficaces para efectos de resolver problemas que habitualmente enfrentan en el aula de clase. En este sentido, las nuevas concepciones, ideas, creencias y prácticas docentes no se verán reducidas simplemente al plano de la apropiación a la manera de un transvase de innovaciones que muy probablemente poco después serán olvidadas. Un programa de formación de profesores, basado en la reflexión constante sobre los problemas que a diario enfrenta el profesorado, permitirá el tratamiento de situaciones problemáticas didácticas que podrán poner en cuestión el pensamiento docente espontáneo sobre las ciencias, sobre la actividad científica, sobre la enseñanza de las ciencias y, ante todo, sobre las rutinas que habitualmente el profesor desarrolla en la práctica docente cotidiana.

De la misma manera, programas de esta naturaleza han de favorecer la obtención de información relevante y muchas veces pasada por alto sobre la enseñanza convencional, de manera que puedan facilitar otras posibilidades innovadoras en didáctica de las ciencias; será necesario para ello realizar estudios críticos de modelos alternativos de enseñanza, pero necesariamente se requerirá que los nuevos modelos asumidos permitan a los profesores, trabajando con investigadores expertos, vivenciar la posibilidad de implementarlos para alcanzar nuevas evidencias en el aula de clase, todo ello para que la valoración realizada por el propio profesor sea la que conduzca la discusión sobre la eficacia y sobre las diferencias esenciales que pueden surgir entre modelos que podríamos denominar contemporáneos sobre la enseñanza de las ciencias respecto a los modelos habitualmente considerados como tradicionales.

Desde esta perspectiva, resulta pertinente que los programas de formación de profesores tengan en cuenta las propias vivencias de clase y los problemas cotidianos que los profesores enfrentan. Así pues, no se trata de programas de formación de profesores planeados a priori rigurosamente, pues serían de alguna manera “artificiales” en relación con la práctica docente del profesor y con las realidades que a diario vivencia en su práctica docente.

La preponderancia a la integración teoría didáctica-práctica docente que ha de permitir la formación de actitudes positivas del profesorado de ciencias hacia la innovación y la investigación didáctica, ya que favorece un interés más explícito por parte del profesor hacia la actividad docente entendida como una práctica profesional fundamentada en conocimientos y prácticas coherentes con teorías y metodologías especializadas en el estudio de la educación ciudadana y los problemas asociados con la enseñanza, el aprendizaje, la evaluación y el currículo, entre otros. La investigación reciente en el ámbito de la formación del profesorado de ciencias, viene dando evidencia de resultados prometedores que podrían sentar bases para la obtención de mejores resultados en tanto que la eficacia de programas de formación docente apoyados en modelos de enseñanza por investigación orientada y que favorecen el desarrollo de competencias docentes al integrar coherentemente cambios de tipo conceptual, metodológico y actitudinal del profesorado hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, es decir, cambios didácticos que favorecen transiciones desde concepciones epistemológicas y prácticas docentes habituales, promueven el desarrollo de epistemologías y prácticas docentes coherentes con los resultados de la investigación contemporánea en Didáctica de las Ciencias.

Finalmente habría que decir, que modelos de formación de esta naturaleza podrían favorecer esquemas de actuación dinámicos que favorecen a mediano plazo la inserción de los profesores en tareas propias de la innovación desde la Didáctica de las Ciencias, es decir, que estos profesores pueden terminar por abandonar una práctica que los reduce únicamente a ser consumidores acríticos de resultados de la investigación en educación científica para pasar a ser parte activa y agentes protagónicos dentro de la comunidad de profesores que investigan en este nuevo ámbito del conocimiento educativo.

Referencias bibliográficas

- Aguirre, J. M. y Haggerty, J. M. (1995). Preservice teacher's meanings of learning. En: *International Journal of Science Education*, 17 (1), 119-131.
- Artigas, M. (1989). *Filosofía de la ciencia experimental*. Pamplona: Ediciones Universidad de Navarra.
- Bell, B. (1998). Teacher development in science education. En: *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer academic publishers.
- Bell, B. F. y Pearson, J. (1992). Better learning. En: *International Journal of Science Education*, 14 (3), 349-361.
- Bertalanffy, L. V.; Ross Ashby, W.; Weinberg, G.; Milsum, J. et al. (1984). *Tendencias en la teoría general de sistemas*. Madrid. Alianza Editorial.
- Borko, H. y Putnam, R. (1996). Learning to teach. En: D. Berliner y R. Calfee (Eds.). *Handbook of Educational Psychology*. New York: Macmillan.
- Briscoe, C. (1991). The dynamic interactions among beliefs, role metaphors and teaching practices. A case study of teachers change. En: *Science & Education*, 75 (2), 185-199.
- Bunge, M. (1972). *La Investigación Científica*. Barcelona: Ariel.
- Campanario, J. M. (2002). Asalto al castillo: ¿A qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias? En: *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 315-325.
- Carnicer, J. (1998). *El cambio didáctico en el profesorado de ciencias mediante tutorías en equipos cooperativos* [Tesis doctoral]. Universidad de Valencia.
- Carnicer, J. y Furio, C. (2002). La epistemología docente convencional como impedimento para el cambio. En: *Investigación en la Escuela* (47), 33-52.
- Carretero, M. y Limón, M. (1996). Problemas actuales del constructivismo. De la teoría a la práctica. En: M. J. Rodrigo y Arnay (Eds.), *La construcción del conocimiento escolar. Ecos de un debate*. Buenos Aires: Aique.
- Claxton, G. (1987). *Vivir y aprender*. Madrid: Alianza, psicología.
- Cohen y Nagel (1972). *An introduction to logic and scientific method*. London: Routledge and Kegan Paul.

- Copello, M. I. y Sanmartí, N. (2001). Fundamentos de un modelo permanente del profesorado de ciencias centrado en la reflexión dialógica sobre las concepciones y las prácticas. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 269-283.
- Cotham, J. C. y Smith, E. L. (1981). Development and validation of the conceptions of Scientifics Theories Test. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 18 (5), 387-396.
- Dushl, R. (1997). *Renovar en la enseñanza de las ciencias*. Madrid: Narcea.
- Fishbein, M. y Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior. An introduction to theory and research*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley .
- Furió, C. (1994). Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. En: *Enseñanza de las ciencias*, 12 (2), 188-199.
- Furió, C. y Gil, D. (1999). Hacia la formulación de programas eficaces en la formación continuada del profesor de ciencias. En: *Memorias Educación Científica. Congreso iberoamericano de educación en ciencias experimentales. Formación permanente de profesores* (pp.129-146). España: Edición Servicio publicaciones Universidad de Alcalá.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 1 (1), 26-33.
- _____ (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? En: *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 69-77.
- _____ (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación dirigida. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- Gil, D.; Carrascosa Alís, J. y Martínez Terrades, F. (1999). *La didáctica de las ciencias: una disciplina emergente y un campo específico de investigación*. Universitat de València.
- Gordon, D. (1984). The image of Science, Technological Consciousness and Hidden Curriculum. En: *Curriculum Inquiry*, 14 (4), 367-400.
- Hempel, C. G. (1976). *Filosofía de la Ciencia Natural*. Madrid: Alianza.
- Hodson, D. (1993). Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences, and children's understanding of science: some preliminary findings. In: *Interchange*, 24 (1-2), 41-52.
- Izquierdo, M. (1996). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. En: *Alambique* (8), 7-21.

Kouladis, V. y Ogborn, J. (1989). Philosophy of science: an empirical study of teacher's views. En: *International Journal of Science Education*, 11 (2), 173-184.

Kuhn, S. T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.

Kyle, W. C.; Linn, M.; Bitner, B. L.; Mitchener, C. P. y Perry, B. (1991). The role of research in Science Teaching: an NSTA theme paper. En: *Science Education*, 75 (4), 413-418.

Lederman, N. G. (1992). Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), 331-359.

Matthews, M. R. (1990). History, philosophy and science teaching: A reproachment. En: *Studies in Science Education* (18), 25-51.

_____ (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277.

_____ (1998) The nature of science and science teaching. En: B. Fraser y K. Tobin (Eds.). *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.

_____ (1998a) Foreword and introduction. En: *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. London: Kluwer Academic Publishers.

Mc Comas, W. F. (1998). A thematic introduction to the nature of science: the rationale and content of a course for science educators. En: *The Nature of Science in Science Education. Rationales and Strategies*. London: Kluwer Academic Publishers.

Mc Dermott, L. (1990). A perspective on teacher preparation in physics –other sciences–. The need for special science courses for teachers. En: *American Journal of Physics*, 58 (8), 734-742.

Mosquera, C. J. (2001). *Concepciones de los profesores de química en formación inicial sobre la enseñanza, el aprendizaje y el currículo de ciencias* [Tesina de Investigación]. Universitat de València.

_____ (2008). *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química* [Tesis Doctoral]. Universitat de València.

Mosquera, C. J. y Zambrano, A. C. (2008). *Educación y formación de competencias en Ciencias Naturales*. Bogotá: Asociación Colombiana de Facultades de Educación ASCOFDE (En prensa).

- Munby, H. y Russell, T. (1998). Epistemology and context in research on learning to teach science. En: *International Handbook of Science Education*. London: Kluwer Academic Publishers.
- Murillo Estepa, P. (2003). Formas de entender el aprendizaje de los estudiantes universitarios: Teorías y Modelos del aprendizaje adulto. En: C. Mayor Ruiz (Coord.). *Enseñanza y Aprendizaje en la Educación Superior*. Barcelona: Octaedro-EUB
- Oliver, S. y Koballa, T. (1992). Science Educators use of the concept of belief. Paper presented at the *65th Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*. Boston.
- Sabino, C. (1999). *Los caminos de la ciencia*. Bogotá: Panamericana.
- Pope, M. L. y Gilbert, J. (1983). Personal experience and the construction of knowledge in science. En: *Science Education* (67), 193-203.
- Pope, M. L. y Scott, E. M. (1983). Teacher's epistemology and practice. En: R. Halter y J. K. Olson. *Teacher thinking: a new perspective on persisting problems in education*. Lisse: Swets y Zuitlinger. Holanda.
- Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los profesores* [Tesis Doctoral]. Universidad de Sevilla.
- _____ (1993). *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: Diada.
- _____ (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. En: *Enseñanza de las ciencias*, 16 (1), 175-185.
- Porlán, R. y López, J. I. (1993). Constructivismo en Ciencias: pensamiento del alumnado versus pensamiento del profesorado. En: *Curriculum*, 6 (7), 91-107.
- Porlán, R.; Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los Profesores/as I: Teoría, métodos e instrumentos. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (2), 155-171.
- _____ (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los Profesores/as II: Estudios empíricos y conclusiones. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), 271-288.
- _____ (2000). El conocimiento del profesorado sobre la ciencia, su enseñanza y aprendizaje. En: F. J. Perales y P. Cañal (Eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (p. 363-388). Alcoy Editorial Marfil.

Resweber, J. P. (1981). *La Méthode interdisciplinaire*. Paris: Université de Strasbourg II. M. E. Rodríguez (Trad.), (2000). *El Método Interdisciplinario*. Bogotá: Universidad Distrital, Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico.

Simpson, R. D.; Kobala, T. R.; Oliver, J. S. y Crawley, F. E. (1994). Research on the affective dimension of science learning. En: *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan.

Tobin, K. y Espinet, M. (1989). Impediments to change: applications of coaching in high school science Teaching. En: *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (2), 105-120.

Tobin, K. et al. (1993). The long hard road from objectivism to constructivism. Paper presented at the Annual meeting of the second international conference of the *History and Philosophy of Science Teaching Conference*.

Zabalza, M. A. (2003). *Competencias Docentes del Profesorado Universitario. Calidad y Desarrollo profesional*. Madrid: Narcea.